



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 100 50 147 A 1**

(51) Int. Cl. 7:  
**G 01 M 19/00**

(71) Anmelder:  
Renner, Peter, Dipl.-Ing., 51515 Kürten, DE

(72) Erfinder:  
gleich Anmelder

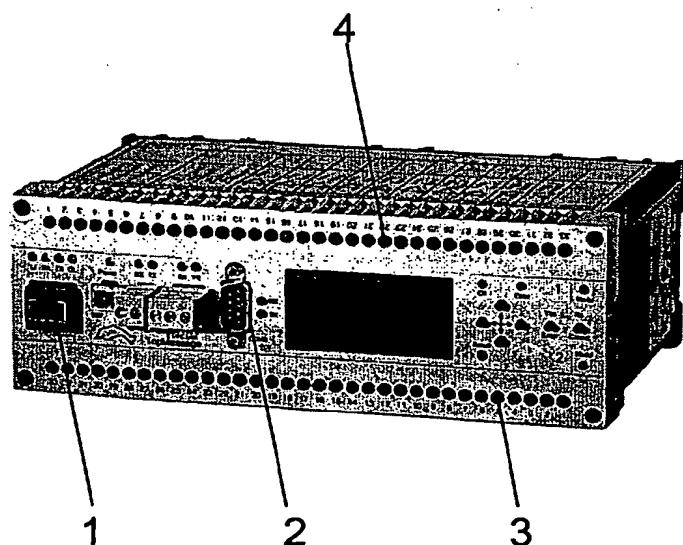
BEST AVAILABLE COPY

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Überwachung des Maschinenzustandes

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Überwachungsgerät für Maschinen und Anlagen, das ein Abbild des Maschinenzustandes liefert. Die Ergebnisse dienen Instandhaltungsmaßnahmen, deren Art und Zeitpunkt vom Zustand der Maschine abhängig gemacht werden kann. Die Überwachungsgeräte liefern weiterhin Informationen über erforderliche Ersatzinvestitionen und zur Crashvermeidung.



## Beschreibung

## Begriffsdefinitionen

[0001] Zur Erleichterung des Verständnisses werden Ausdrücke erläutert, die in dieser Patentschrift verwendet werden.

[0002] Feldgeräte:

Geräte, die im Feld, also direkt an der Maschine oder im Steuerschrank der Maschine/Anlage angeordnet sind. Sie erfordern wegen der ungünstigeren Umweltbedingungen besondere Konstruktionsmerkmale. Sie unterscheiden sich von Geräten in Messwarten oder im Bürobereich.

[0003] Messwerte, Messdaten:

sind analoge Werte, wie sie von den Sensoren zum Feldgerät übertragen werden. Z. B. kann ein Druckwert im Bereich 0 . . . 30 bar als Messwert im Bereich von 0 – 20 Milliampere vom Sensor geliefert werden.

[0004] Single-Prozesswerte/-daten:

sind digitalisierte Messwerte, die auf ihre physikalischen Dimensionen, z. B. Drücke in bar, Temperaturen in °C, umgerechnet wurden.

[0005] Kalkulierte Prozesswerte/-daten:

zur Erfassung des Maschinenzustandes genügen vielfach Single-Prozesswerte nicht. Aus Single-Prozesswerten müssen kalkulierte Prozesswerte berechnet werden. Kalkulierte Prozesswerte sind z. B. Temperaturdifferenzen, Druckdifferenzen, Wirkungsgrade, Frequenzspektren, Drehmomente.

[0006] Zählwerte, Zähldaten:

werden als Impulse von den entsprechenden Sensoren geliefert. Meist liegen den Zählimpulsen Mengen zugrunde, die zu Betriebsdaten berechnet werden (Durchflüsse, Stückzahlen, Längen . . .).

[0007] Digitalisierte Werte, -Daten:

sind bereits digitalisierte Werte, wie sie häufig von Messgeräten, z. B. Waagen, geliefert werden.

[0008] Schaltwert:

ist der Zustand einer Funktion innerhalb eines technologischen Prozesses. Z. B. ein Motor ist ein- oder ausgeschaltet. Andere Zustände kommen bei Schaltwerten nicht vor. Für den Maschinenzustand abgeleitete Prozesswerte sind die Häufigkeit der Schaltzyklen sowie die Einschaltzeit im Verhältnis zur Laufzeit.

[0009] Betriebsdaten:

zum Unterschied von Prozessdaten. Sie beschreiben produzierte und transportierte Medien. Die Betriebsdaten werden häufig aus Zählwerten und digitalisierten Werten, wie Wiegewerten, gewonnen.

[0010] Statistische Kennwerte:

dazu gehören Mittelwert, Maxwert, Minwert, Standardabweichung und Varianz.

[0011] Die Erfindung bezieht sich auf ein Feldgerät zur Erfassung von Mess-, Zähl- und digitalisierten Daten sowie Schaltwerten, die von Sensoren und Messgeräten geliefert werden, und Informationen über den technologischen Prozess und über Betriebsdaten liefern.

[0012] Die Möglichkeit, vom Zustand der Maschine abhängige Instandhaltungen durchzuführen, birgt erhebliche Vorteile gegenüber den üblichen Verfahren der zeitabhängigen oder laufleistungsabhängigen Intervalle von Instandhaltungsarbeiten.

[0013] Werden zum Beispiel für Instandhaltungs-Massnahmen eine bestimmte Anzahl gefahrener Kilometer eines Fahrzeuges zugrunde gelegt, so berücksichtigt eine solche Festlegung nicht den tatsächlichen Zustand. Dieser ist nicht nur von der gefahrenen Strecke abhängig, sondern von einer Vielzahl weiterer Parameter, wie die gefahrene Geschwindigkeit, der Zustand der Wegstrecken, die Sorgfalt des Fah-

ters, den Umgebungsbedingungen, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftverschmutzung . . .

[0014] Es ist unmöglich, alle diese Einflussfaktoren bei der Festlegung der Wartungsintervalle zu berücksichtigen.

[0015] Es ist der Begriff "Zustandsorientierte Instandhaltung" in die Diskussion eingeführt worden. Die Vorteile einer solchen Vorgehensweise liegen klar auf der Hand. Wenn es gelingt, den Zustand einer Anlage zu erfassen, so wird sich das positiv auf die Verfügbarkeit und Lebensdauer einer Anlage auswirken. Unvorhergesehene Stillstände mit einem hohen Reparaturaufwand können eingedämmt oder ganz verhindert werden. Die Verfügbarkeit der Anlagen wird dadurch deutlich verbessert.

[0016] Nach dem derzeitigen Erkenntnisstand sind noch keine Methoden verfügbar, den Maschinenzustand oder den Zustand einer Anlage zu erfassen und auszuwerten.

[0017] Die Schwierigkeit bei der Formulierung allgemeingültiger Aussagen über den Zustand einer Maschine/Anlage ist dadurch begründet, dass die den Maschinen/Anlagen zugrundeliegenden, technologischen Prozesse fundamental unterschiedlich sind.

[0018] Z. B. bei einem Kühler oder einem Wärmetauscher ist die Minderung des Wärmeübergangs ein hauptsächliches Mass für erforderliche Wartungsarbeiten. Dies zeigt sich durch eine Verringerung der Temperaturdifferenz zwischen der Eintritts- und der Ausgangstemperatur. Dies kann durch Verschmutzung, Korrosion oder Ablagerung in den Rohrleitungen hervorgerufen werden.

[0019] Bei schnell laufenden Maschinen, wie Turbinen, ist der Zustand der Lager ein wichtiges Mass für den Zustand. Dies drückt sich in Schwingungen aus, die man als Kriterien für erforderliche Wartungsarbeiten heranziehen kann.

[0020] Bei grossen Dieselmotoren können die Abgastemperaturen der einzelnen Zylinder im Verhältnis zur mittleren Abgastemperatur als eines der Kriterien für den Maschinenzustand herangezogen werden.

[0021] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, trotz unterschiedlicher, technologischer Prozesse den Zustand einer Maschine/Anlage allgemeingültig zu bestimmen.

[0022] Dies geschieht erfindungsgemäß durch zwei aufeinander abgestimmte Schritte, die in Feldgeräten entsprechend der Erfindung ablaufen.

[0023] In einem ersten Schritt werden aus den erfassten Mess-, Zähl- und digitalisierten Werten sowie den Schaltwerten Single- und kalkulierte Prozesswerte ermittelt.

[0024] In einem zweiten Schritt werden für Zeitabschnitte die statistischen Kennwerte berechnet und sicher in den Feldgeräten gespeichert.

[0025] Wenn man über einen langen Zeitraum die statistischen Kennwerte Zeitabschnitt um Zeitabschnitt chronologisch aneinandereiht; so ergeben sich Veränderungen, die ein Mass für den Zustand der Maschine sind.

[0026] Es ist nun für einen Fachmann nicht mehr schwierig, die richtigen Prozessdaten zu bestimmen, die Aussagen über Verschleiss, Korrosion, Ablagerungen, Verschmutzung, Alterung und Leistungsminderung liefern.

[0027] Die so gewonnenen, statistischen Kennwerte stehen nun in den Feldgeräten bereit, sind sicher abgespeichert und können von übergeordneten Rechnern ausgelesen werden. Unter sicher ist zu verstehen, dass die Daten auch bei Stromausfall nicht verloren gehen und dass aufgrund der Konstruktion der Feldgeräte die Ausfallwahrscheinlichkeit sehr gering ist.

[0028] In einer weiteren Ausbildung der Erfindung kann man Grenzwerte definieren, die Warn- und Abschaltsignale produzieren, wenn bestimmte Grenzwerte der statistischen Kennwerte über- oder unterschritten werden. Hierzu sind an

den Feldgeräten entsprechend der Erfindung zusätzliche Schaltausgänge erforderlich, um die Grenzwertverletzungen zu melden. Grenzwertverletzungen können auch via Schnittstellen den übergeordneten Rechnern gemeldet werden.

[0029] Alterung und Verschleiss sind im allgemeinen nicht linear. Nach Überschreiten eines bestimmten Zustandes nimmt die Geschwindigkeit der Veränderungen zu. Dies kann als Kriterium für das baldige Erreichen einer Endphase definiert werden. Solche Endphasen können in einen Crash münden mit schwerwiegenden Folgen.

[0030] Somit ist es zweckmässig, Veränderungen in der Steigung genau zu beobachten. Es können Grenzwerte definiert werden, die die Veränderung der Steigung melden. Heute können Feldgeräte mit sehr leistungsfähigen Prozessoren ausgestattet werden, so dass weitere Funktionen integriert werden können. Z. B. könnte man auch die im Zwischenschritt ermittelten Prozess- und Betriebswerte nutzen, um aktuelle Prozessüberwachungen durchzuführen. Zudem könnten Aufgaben der Prozessautomatisierung übernommen werden.

[0031] Bei den Feldgeräten kann es sich um Single-Geräte oder um modulare Systeme, bestehend aus mehreren Geräten, oder um ein Gerät mit mehreren Einschüben handeln.

[0032] Im folgenden ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die Darstellungen in Abb. 1 und 2 beschrieben.

[0033] Die Abb. 1 zeigt ein typisches Feldgerät in einer industriellen Ausführung, das von seinen Konstruktionsmerkmalen zum Anbau an Maschinen oder in den Steuerschrank einer Maschine geeignet ist.

[0034] 1 ist ein genormter Anschluss für ein Ethernet-Datennetz. Die Steckbuchse 2 ist zum Anschluss eines Modems für die Ferndatenübertragung vorgesehen. Die Klemmenreihen 3 und 4 dienen zum Anschluss der Sensoren.

[0035] Die Abb. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Überwachungseinrichtung.

[0036] 1 stellt eine Maschine/Anlage mit einer Reihe von Messtellen, die mit Sensoren bestückt sind, dar. 8 sind Sensorleitungen. 2 und 3 sind modulare Feldgeräte. 4 ist die schematische Darstellung eines Datennetzes. 5 sind übergeordnete PCs. 6 ist die schematische Darstellung einer Fern-Datenverbindung, z. B. über das Telefonnetz. 7 ist ein entfernter PC.

[0037] Die Funktion ist folgende:  
Abb. 1 zeigt ein Feldgerät entsprechend der Erfindung. Über den Datennetzanschluss 1 wird das Gerät an ein Datenetz (Ethernet) angeschlossen. Dadurch kann das Gerät mit PCs Daten austauschen. Einerseits muss ein solches Gerät für seine spezielle Aufgabe konfiguriert werden. Andererseits kann ein PC die gespeicherten Daten auslesen und in geeigneter Form auf einem Bildschirm und Drucker ausgeben. Die Konfiguration eines solchen Gerätes ist prinzipiell nur einmal erforderlich. Die Konfigurationsdaten werden im Feldgerät unverlierbar gespeichert. Eine geeignete Software muss auf den hierfür vorgesehenen PCs installiert sein. Zum Datenaustausch wird das internationale TCP/IP-Protokoll benutzt. Dadurch ist volle Kompatibilität zu anderen Abläufen im Datennetz gegeben. Über das gleiche Netz kann die kommerzielle Datenverarbeitung eines Unternehmens laufen.

[0038] Die Steckbuchse 2 ist ein Anschluss für ein Modem. Dadurch ist es möglich, dass ein weit entfernter Computer via Funk oder Telefon mit dem Gerät kommunizieren kann. Durch die konsequente Nutzung des TCP/IP-Protokolls mit seinen Unterprotokollen ist es auch möglich, die Daten via Internet-Provider auszutauschen.

[0039] Über die Klemmenanschlüsse 2 und 3 werden die

Sensoren an das Feldgerät angeschlossen. Global besteht die Aufgabe des Gerätes darin, die von den Sensoren gelieferten Messwerte kontinuierlich zu erfassen, die Messwerte zu digitalisieren, die Prozessdaten kontinuierlich zu berechnen, die statistischen Kennwerte zu ermitteln und zu speichern. Diese Daten stehen dann bereit, um von Netz-PCs oder via Modem von entfernten PCs gelesen zu werden.

[0040] Abb. 2 zeigt schematisch ein solches Datennetz, entsprechend der Erfindung. Die zu überwachende Maschine/Anlage 1 beinhaltet Sensoren, die unterschiedliche, physikalische Größen, wie Temperaturen, Drücke, Drehzahlen . . . erfassen. Diese Sensoren sind über die schematisch gezeichneten Leitungen 8 mit den Feldgeräten 2 und 3 entsprechend der Erfindung verbunden.

[0041] Über das sternförmige Datennetz 4, z. B. ein Ethernet-Netz, sind die Feldgeräte 2 und 3 mit den PCs 5 verbunden. Somit können die PCs 5, die in den Feldgeräten 2 und 3 gespeicherten Daten via dem sternförmigen Datennetz 4 auslesen.

[0042] Durch die schematisch gezeichnete, telefonische Verbindung 6 kann ein entfernter PC 7 ebenso auf die Daten der Feldgeräte 2 und 3 zugreifen, wie die örtlichen Netz-PCs 5. Solche entfernten PCs 7 können Experten dienen, den technologischen Prozess der Maschine/Anlage zu beobachten und zu analysieren, ohne vor Ort anwesend zu sein.

#### Patentansprüche

1. Feldgerät zur Erfassung von Mess-, Zähl- und digitalisierten Werten sowie Schaltwerten, das die für den Zustand einer Maschine/Anlage relevanten Daten während der Laufzeit der Maschine kontinuierlich erfasst und (soweit erforderlich) digitalisiert, dadurch gekennzeichnet, daß es aus diesen Daten Single- und kalkulierte Prozessdaten sowie Betriebsdaten kontinuierlich berechnet und das während festlegbarer Zeitschnitte die statistischen Kennwerte dieser Daten errechnet, speichert und somit für weitere Auswertungen verfügbar sind.
2. Feldgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß diejenigen Prozess- und Betriebsdaten errechnet werden, die Informationen über Verschleiss, Korrosion, Ablagerungen, Verschmutzung, Alterung und Leistungsminderung liefern.
3. Feldgerät nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die statistischen Kennwerte in andere Datengeräte per Daten-Schnittstellen (Feldbus, Datennetz, Modem oder Funk) übertragen werden können.
4. Feldgerät nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die statistischen Kennwerte mit Grenzwerten verglichen werden und bei Verletzung dieser Grenzwerte Warn- und/oder Abschaltsignale produziert werden.
5. Feldgerät nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit der Veränderungen von statistischen Kennwerten (Steigung) zum Vergleich mit Sollsteigungen als Kriterien zur Crashvermeidung herangezogen werden.
6. Feldgerät nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Feldgeräte weitere Aufgaben innerhalb der Prozessautomation übernehmen können.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

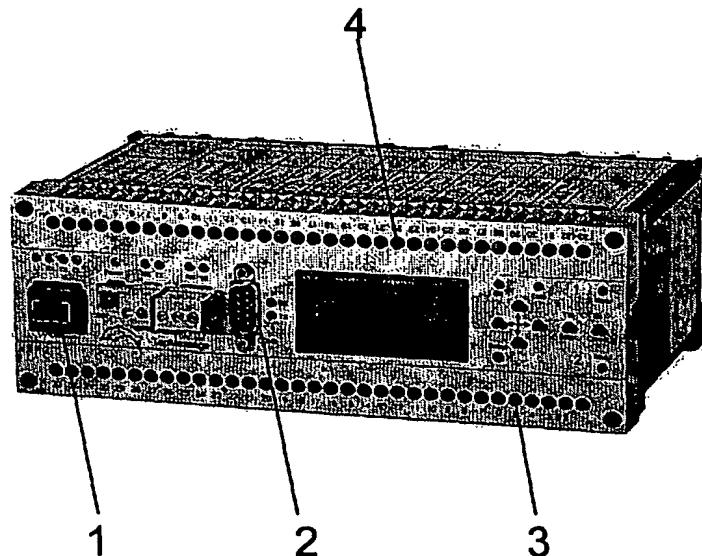


Abbildung 1

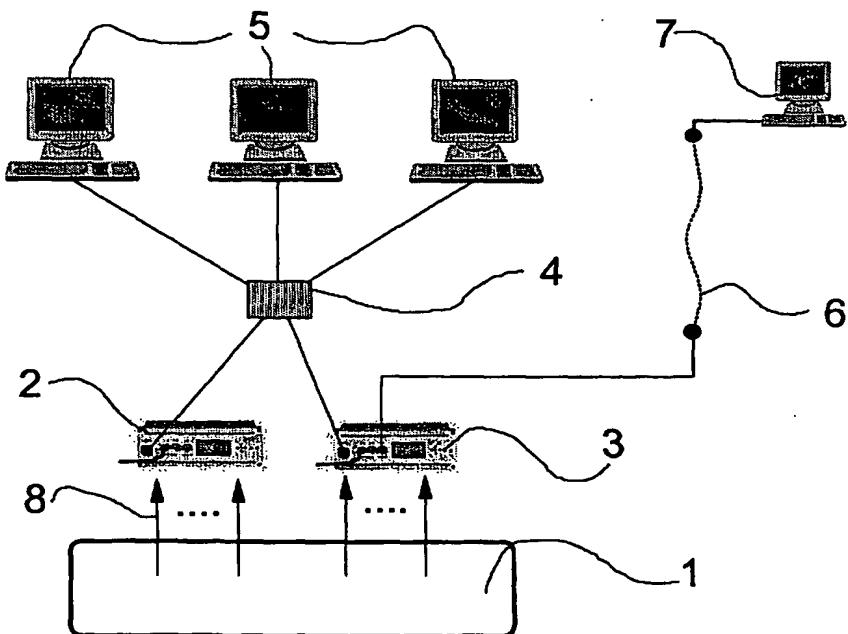


Abbildung 2

## **Abstract**

**DE10050147-A1**

NOVELTY - Processing units (2,3) adjacent to the machine are designed to withstand the physical and environmental conditions prevailing there. Sensors (1) monitor all parameters relative to the operational behavior and life of the machine. Their analogue signals are digitalized by the units which then convert them into relationships which indicate the machines performance over its length of service. The stored results are made available to local computers (5) via an Ethernet network (4) or a remote computer (7) via a telephone link (6).; USE - With all types of machines, e.g. turbines, motor vehicle and drive machines in manufacturing processes. ADVANTAGE - Processing units suitable for functioning in the immediate vicinity of the machine providing constant monitoring and processing of machine conditions makes available up-to-date information on the machine condition superseding preventive maintenance. Also provides information relevant to future investment plans. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a block diagram of a system to the present invention. Sensors 1 Processing units 2,3 Ethernet network 4 Local computers 5 Telephone link 6 Remote computer 7

**BEST AVAILABLE COPY**